

4/4

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2002 年 4 月 18 日 (18.04.2002)

PCT

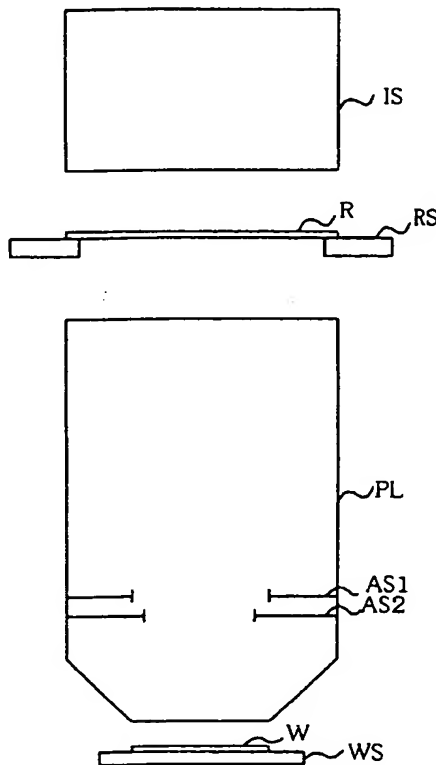
(10) 国際公開番号
WO 02/31870 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/027, (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社
G03F 7/20, G02B 13/24, 13/18 ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331
東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/08886 (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 重松幸二
(22) 国際出願日: 2001 年 10 月 10 日 (10.10.2001) (SHIGEMATSU, Koji) [JP/JP], 松本 宏一 (MAT-
SUMOTO, Koichi) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田
(25) 国際出願の言語: 日本語 区丸の内三丁目2番3号 株式会社 ニコン 知的財産
部内 Tokyo (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (74) 代理人: 亀谷美明, 外 (KAMEYA, Yoshiaki et al.); 〒
160-0004 東京都新宿区四谷3-1-3 第一富澤ビル はづ
き国際特許事務所 四谷オフィス Tokyo (JP).
- (30) 優先権データ:
特願 2000-310266 (81) 指定国 (国内): KR, US.
2000 年 10 月 11 日 (11.10.2000) JP

[続葉有]

(54) Title: PROJECTION OPTICAL SYSTEM, ALIGNER COMPRISING THE PROJECTION OPTICAL SYSTEM, AND
METHOD FOR MANUFACTURING APPARATUS COMPRISING THE ALIGNER

(54) 発明の名称: 投影光学系、該投影光学系を備えた露光装置、及び該露光装置を用いたデバイスの製造方法



(57) Abstract: A compact and high-performance projection optical system which can correct aberrations very satisfactorily while attaining an image side telecentricity over the whole exposure region and securing a sufficiently large numerical aperture (NA) and a wide exposure region and an aligner comprising the optical system. The projection optical system (PL) projects the image of a reticle (R) illuminated by an illumination optical apparatus (IS) onto a wafer (W). The projection optical system (PL) has NA-determining aperture diaphragms (AS1, AS2) at positions close to the pupil position in the optical system, and the aperture diaphragms (AS1, AS2) are so disposed as to become telecentric on the wafer (W) side. At least one of the aperture diaphragms (AS1, AS2) can change the size of its aperture and can move in the axial direction.

FP03-0175 -00EP-N1
04.7.20
SEARCH REPORT

[続葉有]

WO 02/31870 A1



添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

露光領域全面で像側テレセントリックを達成し、十分大きな開口数（NA）と広い露光領域とを確保しつつ諸収差を極めて良好に補正し得るコンパクトで高性能な投影光学系、該光学系を備えた露光装置を提供することを課題とする。投影光学系PLは照明光学装置ISにより照明されたレチクルRの像をウエハW上に投影する。投影光学系PLは光学系内の瞳位置近傍の複数の位置にNAを決定する開口絞りAS1、AS2を有し、開口絞りAS1、AS2は、ウエハW側がテレセントリックになるように配置されている。開口絞りAS1、AS2の少なくとも1つは、開口部の大きさが変更可能であり、光軸方向に移動可能である。

明 細 書

投影光学系、該投影光学系を備えた露光装置、及び該露光装置を用いたデバイスの製造方法

5

技術分野

本発明は、第1物体の像を第2物体上に投影するための投影光学系、この投影光学系を備え、半導体素子、または液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程中でマスクパターンを基板上に転写する際に使用される露光装置、及びこの露光装置を用いたデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド、CCD素子等）の製造方法に関するものである。

15

背景技術

半導体素子を製造する際に、マスクとしてのレチクルのパターンの像を投影光学系を介して、レジストが塗布されたウエハ（またはガラスプレート等）上に転写する一括露光型（ステッパー等）、またはステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型の投影露光装置が使用されている。転写される半導体集積回路等のパターンの微細化が進むに従い、その種の露光装置に備えられている投影光学系に対して特に解像力の向上が望まれている。投影光学系の解像力を向上させるには、露光波長をより短くするか、あるいは開口数（N

25

A) を大きくすることが考えられる。

そこで近年、露光光については、水銀ランプの g 線（波長 436 nm）から i 線（波長 365 nm）が用いられ、さらに最近ではより短波長の光を有する光源、例えば KrF（波長 248 nm）、さらには ArF（波長 193 nm）等のエキシマレーザが用いられ、露光光の短波長化が進められている。また、開口数（NA）についても、高 NA 化が進められ、NA が 0.6 を超える投影光学系も提案されてきている。

10

さらに、転写パターンの微細化が進むにつれて、投影光学系においては解像力の向上とともに像歪の低減要求も一段と厳しくなっている。ここで、像歪とは、投影光学系に起因するディストーション（歪曲収差）によるものの他、投影光学系の像側で焼き付けられるウエハの反り等によるものがある。ウエハの反りによる像歪への影響を少なくするためには、投影光学系の像側での射出瞳位置を遠くに位置させた光学系、いわゆる像側テレセントリック光学系が従来用いられてきた。像側テレセントリック投影光学系の中でも、高 NA を確保しつつディストーションを良好に補正した例としては、
15 特開平 8-166540 号公報（及びこれに対応する米国特許第 6104544 号公報）、特開平 8-190047 号公報（及びこれに対応する米国特許第 5835285 号公報）等の開示されたものがある。

25 しかしながら、開口数（NA）が大きくなると、瞳収差の量が無視できないほど大きくなり、1つの開口絞りだけでは、実質的に露

光領域内で像側テレセントリックを得ることができなくなっていた。
さらに、投影光学系の開口数（NA）を可変とするため、可変開口
絞りを設けた場合、この可変開口絞りにより開口数（NA）を変化
させると、瞳収差によって露光領域内で像側テレセントリックが得
5 られなくなっていた。

瞳収差の中でも、瞳の像面湾曲が像側テレセントリックを悪化さ
せることに対する試みは既に提案されており、開口絞りを光軸方向
に移動させて最適化する案が特開平 1 1 - 1 9 5 6 0 7 号公報に開
10 示されている。しかし、瞳収差の中で、瞳のコマ収差によって像側
テレセントリックが悪化することは避けられない問題となっていた。
そのため、開口数（NA）を変化させた際に、露光領域全面におい
て、テレセントリック性の悪化や像面上での照度均一性の悪化が生
じ、投影領域をあまり広くできないという不都合があった。

15

発明の開示

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、露光領域全面
20 で、射出瞳の中心を通過する光線が第 2 物体に対し垂直になる、所
謂像側テレセントリックを達成し、十分大きな開口数（NA）と広
い露光領域とを確保しつつ諸収差を極めて良好に補正し得るコンパ
クトで高性能な投影光学系を提供することを目的としている。さら
に、本発明は、上記のような投影光学系を備えた露光装置、及びこ
25 の露光装置を用いたデバイスの製造方法を提供することを目的とし
ている。

上記課題を解決するために、本発明の第1の観点にかかる発明は、
第1物体の像を第2物体上に投影する投影光学系であって、前記投
影光学系内の複数の位置に設けられて、それぞれ開口数を決定する
5 ための複数の開口絞りを有し、前記複数の位置に設けられた開口絞
りは、前記投影光学系が前記第2物体側にテレセントリックとなる
ように配置されていることを特徴としている。

また、本発明の第2の観点にかかる発明は、第1物体の像を第2
10 物体上に投影する投影光学系であって、前記投影光学系内の複数の
位置に設けられて、それぞれ開口数を決定するための複数の開口絞
りを有し、前記複数の位置に設けられた開口絞りのうちの少なくと
も1つは開口部の大きさが変更可能であり、前記開口部の大きさを
変化させたときに前記投影光学系が前記第2物体側にテレセントリ
15 ックとなるように、前記開口絞りのうちの少なくとも1つの開口絞
りは光軸方向に位置を変更可能であることを特徴としている。

また、本発明の第3の観点にかかる発明は、露光装置であって、
前記第1物体としてのマスクを照明する照明光学系と；前記マスク
20 と、前記第2物体としての基板とを位置決めするステージ系と；請
求の範囲第1項乃至第12項の何れか一項に記載の投影光学系と；
を備え、前記投影光学系は、前記照明光学系からの露光エネルギー
ビームのもとで前記マスクのパターンの像を前記基板上に投影する
ことを特徴としている。

25

また、本発明の第4の観点にかかる発明は、前記露光装置を用い

たデバイスの製造方法であって、前記基板上に感光性材料を塗布する第1工程と；前記投影光学系を介した前記マスクのパターンの像を前記基板上に投影する第2工程と；前記基板上的前記感光性材料を現像する第3工程と；該現像された前記感光性材料をマスクとして前記基板上に所定の回路パターンを形成する第4工程と；を含むことを特徴としている。

さらに、詳細に本発明の特徴を言えば、第2物体側の開口数を NA とするとき、 $NA > 0.6$ の条件を満足することが好ましい。第2物体上の露光領域内に到達する光束の開口数の差を ΔNA とするとき、 $\Delta NA < 0.007$ の条件を満足することが好ましい。また、前記複数の位置に設けられた開口絞りのうち少なくとも1つは開口部の大きさが変更可能であるようにしてもよい。さらに、前記複数の位置に設けられた開口絞りのうちの少なくとも2つの開口絞りは、同一の部材に形成されていてもよい。

第1の観点にかかる発明の構成によれば、複数の位置に開口絞りを配置することにより、瞳のコマ収差による第2物体側のテレセントリック性の悪化を最小限に抑えることが可能となり、露光領域全面で第2物体側のテレセントリックを達成し、十分大きな開口数(NA)と広い露光領域とを確保することができる。また、瞳収差の補正を極限まで求める必要が無いため、光学系の長大化を招くことも無く、諸収差を極めて良好に補正でき、コンパクトで高性能な投影光学系を提供できる。

25

第2の観点にかかる発明の構成によれば、開口数(NA)を変化さ

せた場合に、開口絞りを光軸に沿って移動させて、像側テレセントリック性が最適になるようにすることができる。特に、瞳の湾曲収差が存在する場合に、開口数（NA）の変化に伴ないその湾曲した瞳面に沿って開口絞りの位置を変更できるため、有効である。

5

第3の観点にかかる発明の構成によれば、前記投影光学系は大きな開口数（NA）で像側テレセントリックを達成しているため、高い解像度が得られると共に、基板の反りが生じても基板への投影倍率が変わらない。また、広い露光領域が得られるため、大きなチップパターンを一度に露光できる。

10

第4の観点にかかる発明の構成によれば、基板上に高い解像度でデバイス用の回路パターンを形成でき、良好なデバイスを製造することができる。

15

また、上記特徴的な構成において、 $NA > 0.6$ の条件を満足するような投影光学系では瞳収差が無視できない量となっているため、本発明の構成が有効になる。 $\Delta NA < 0.007$ の条件を満たさない場合には、露光領域全面で像側テレセントリックが得られず、ウェハの反りによる像歪が増大する。さらにこの場合、開口数の差が大きいと、基板に投影されるパターンの線幅の均一性が得られなくなる。開口絞りの開口部の大きさを変更可能にしたものでは、開口数（NA）が可変な投影光学系を実現できる。少なくとも2つの開口絞りを同一の部材に形成したものでは、1つの部材で複数の開口絞りの機能を持たせることが可能になり、部品点数を少なくできるので、組立が容易であり、コストを削減することができる。

20

25

図面の簡単な説明

5 図 1 は本発明の実施の形態に係る露光装置の概略構成図である。

図 2 は本発明の実施の形態に係る投影光学系のレンズ断面図である。

10 図 3 は本発明の実施の形態に係る投影光学系のレンズデータの実例を数値で示す図である。

図 4 は図 3 のレンズデータの続きを示す図である。

15 図 5 は図 4 の非球面の各非球面係数の値を示す図である。

図 6 は本発明の実施の形態に係る投影光学系の開口数(NA)0.75における、開口絞り前後の面での光線の高さを示す図である。

20 図 7 は図 6 の各光線の高さをグラフ化した図である。

図 8 は本発明の実施の形態に係る開口絞りを配置した時の開口絞り前後の光路図である。

25 図 9 は本発明の実施の形態に係る投影光学系の露光領域全域における開口数を示す図である。

図 10 は本発明の実施の形態に係る投影光学系の開口数 (NA) 0.5 における、開口絞り前後の面での光線の高さを示す図である。

5 図 11 は図 10 の各光線の高さをグラフ化した図である。

図 12 は本発明の実施の形態に係る開口絞りを配置した時の開口絞り前後の光路図である。

10 図 13 は本発明の実施の形態に係る投影光学系の露光領域全域における開口数を示す図である。

図 14 は本発明の実施の形態に係る開口絞りの一例である。

15 図 15 は本発明の実施の形態の露光装置を用いて回路パターンを形成する動作の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

20

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、以下の説明及び添付図面において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付すことにより、重複説明を省略する。

25

本例は、投影露光装置の投影光学系に本発明を適用したものであ

る。図 1 は、本例の投影光学系 P L を備えた投影露光装置を示す。

図 1 において、投影光学系 P L の物体面には所定の回路パターンが形成された投影原版としてのレチクル R (第 1 物体) が配置され、投影光学系 P L の像面には、基板としてのフォトリソが塗布されたウエハ W (第 2 物体) が配置されている。レチクル R はレチクルステージ R S 上に保持され、ウエハ W はウエハステージ W S 上に保持され、レチクル R の上方には、レチクル R を均一に照明するための照明光学装置 I S が配置されている。

- 10 投影光学系 P L は、瞳位置近傍の 2 つの位置にそれぞれ開口数 (N A) を決定する開口絞り A S 1, A S 2 を有すると共に、レチクル R 側及びウエハ W 側において、実質的にテレセントリックとなっている。そして、照明光学装置 I S は、K r F エキシマレーザ (波長 2 4 8 n m) からなる露光光源、この露光光の照度分布を均一化するためのフライアイレンズ、照明系開口絞り、可変視野絞り (レチクルブラインド)、及びコンデンサレンズ系等から構成されている。

- 20 照明光学装置 I S から供給される露光光は、レチクル R を照明し、投影光学系 P L の瞳位置には照明光学装置 I S 中の光源の像が形成され、所謂ケーラー照明が行われる。そして、ケーラー照明されたレチクル R のパターンの像が、投影光学系 P L を介して投影倍率で縮小されてウエハ W 上に露光され、転写される。

次に実施の形態である投影光学系 P L の構成を詳細に説明する。

- 25 図 2 は、投影光学系 P L のレンズ断面図である。図 2 に示すように、投影光学系 P L は、瞳位置近傍の 2 つの位置に N A を決定する 2 つ

の開口絞りAS1, AS2を有する。開口絞りAS1, AS2は、
ともに開口部の大きさが変更可能な可変開口絞りであり、光軸方向
に移動可能である。そして、2つの開口絞りAS1, AS2によつて、
射出瞳の中心を通過する光線が、第2物体としてのウエハWに
5 対し垂直になるように、すなわち、投影光学系PLは像側テレセン
トリックになるように構成されている。

図3及び図4は、投影光学系PLのレンズデータである。なお、
図4は図3の続きを示しており、両者を合わせて一連のレンズデー
10 タとする。図3, 図4において、1番から56番までの連番は各レン
ズの面を示す番号である。連番は第1物体であるレチクルR側から
第2物体であるウエハW側へ向けた順に振ってある。rは各レン
ズ面の曲率半径、dは各レンズ面間の距離で硝材は全て石英である。
光源の波長248nmにおける石英の屈折率は1.50839であ
15 る。またこの投影光学系PLにおいて、開口数(NA)の最大は0.
75、レチクルRから連番の1番の面までの距離である投影距離d
0は71.397mm、倍率 β は1/4、連番の56番の面からウ
エハWまでの距離であるバック焦点距離Bfは12.000mm、
第2物体のウエハWにおける露光領域は直径27.44mmの円で
20 ある。

レンズデータにおいて、10番の面と32番の面は非球面を使用
し、0.75という高NAを実現している。図5はその非球面形状
を下記の式で定義した場合の各係数の値である。

25 非球面の定義式

$$Z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)c^2h^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10}$$

ここで、Z:光軸に対する平行面のサグ

c:面頂点での曲率

5 κ :円錐係数 ($\kappa=0$:球面)

h:光軸からの距離

2つの開口絞りAS1, AS2は、連番の42番の面と43番の面の間に設けられている。以下に、これら2つの開口絞りAS1, AS2の作用、効果について説明する。物体面の光軸上から、最大開口数(NA)を有するように光線追跡した時の光線をLoとする。物体面の最大高の位置から、最大開口数(NA)を有するように光線追跡した時の上側の光線と下側の光線をそれぞれLpu, Lplとする。Lpuが上コマ側、Lplが下コマ側の光線にあたる。上記したように、倍率 β が1/4、露光領域が直径27.44mmの円であるから、物体高の最大値は54.88mmである。

そして、Lo, Lpu, Lplの光線の高さをそれぞれho, hpu, hplとする。ここで、光線の高さとは、光軸からの距離のことである。図6は、最大開口数(NA)0.75における、開口絞り前後の面での各光線の高さを示したものである。開口絞りの前後の面とは、連番の42番の面と43番の面において、光軸上で接し光軸に垂直な接平面のことである。図7は、図6の各光線の高さをグラフ化したものであり、横軸が42面からの距離、縦軸が光線高

である。

一般的に、開口絞りは主光線が光軸を切る位置に置くことが理想的であるが、比較的大きい開口数(NA)を有する投影光学系においては、物体面の光軸上から、最大開口数(NA)を有するように光線追跡した時の光線 L_o と、物体面の最大高の位置から、最大開口数(NA)を有するように光線追跡した時の上コマ側と下コマ側の光線 L_{pu} 、 L_{pl} とが同じ高さになる位置で開口数(NA)を決定することが望ましい。すなわち、図7において、 h_o 、 h_{pu} 、 h_{pl} として描かれた3つの線分が交わる位置で開口数を決定することが望ましい。しかしながら、図7を見ると、これら3つの線分は1点で交わっていない。これは瞳収差の為である。これを解消する為に、瞳収差補正を敢えて求めようとすれば、光学系の巨大化や製造コストの上昇を招き、好ましくない。

15

そこで、複数の位置に開口数(NA)を決定する開口絞りを配置する。これにより、瞳のコマ収差による像側テレセントリック性の悪化を最小限に抑えることができる。図7に示す場合において、最適な開口絞りを設定するとすれば、 h_o と h_{pu} の交点、 h_o と h_{pl} の交点の位置に、各光線高に応じた大きさの開口絞りを配置することが好ましい。すなわち、連番の42番の面から第2物体側に18.582mmの位置に直径240.15mmの開口絞りAS1、連番の42番の面から第2物体側に44.444mmの位置に直径246.24mmの開口絞りAS2、の2つの開口絞りを配置する。図8は、このように開口絞りを配置した時の開口絞り前後の光路図である。図8において、S42、S43はそれぞれ42番の面の接平

25

面、43番の面の接平面である。

上記のように2つの開口絞りを配置した時に、第2物体に対して垂直な光線、すなわち主光線に対して、上下の最周辺光線で決定される第2物体側の開口数をそれぞれ NA_{pu} と NA_{pl} とする。この NA_{pu} と NA_{pl} を、第2物体側の露光領域全域で算出したものが図9である。図9を参照すると、露光領域全域における開口数は0.75に等しいか極めて近い値である。図9より、露光領域内の任意の点に到達する光束の開口数を考え、その差を ΔNA とすると、 ΔNA が非常に小さく抑えられていること、つまり開口数のばらつきが極めて小さいことが理解できる。このことは第2物体側で良好なテレセントリックな光学系を構成していると言い換えることもできる。このように、複数の開口絞りを配置することにより、露光領域全面での開口数(NA)の差の最小化が可能となる。

15

次に、開口絞りの開口部の大きさを小さくして、開口数(NA)0.5とした場合について、上記の開口数(NA)0.75の場合と同様に調べてみる。図10は開口数(NA)0.5における、開口絞り前後の面での各光線の高さを示したものである。図11は、図10の各光線の高さをグラフ化したものであり、横軸が42面からの距離、縦軸が光線高である。この場合も L_o 、 L_{pu} 、 L_{pl} 、 h_o 、 h_{pu} 、 h_{pl} の定義は上述の開口数(NA)0.75の場合と同じであり、開口数(NA)のみ0.5に置き換えて考えればよい。

25 図11に示すように、瞳収差の為に h_o 、 h_{pu} 、 h_{pl} として描かれた3つの線分は1点で交わっていない。そこで、最適な開口絞

りを設定するとすれば、開口数(NA)0.75の場合と同様に考えて、以下のように設定できる。 h_o と h_{pu} の交点から、連番の42番の面から第2物体側に6.418mmの位置に直径150.7mmの開口絞りAS1を配置し、 h_o と h_{pl} の交点から、連番の42番の面から第2物体側に24.397mmの位置に直径152.9mmの開口絞りAS2を配置する。図1.2は、このように開口絞りを配置した時の開口絞り前後の光路図である。図1.2において、S42、S43はそれぞれ42番の面の接平面、43番の面の接平面である。

10

上記のように2つの開口絞りを配置した時に、第2物体に対して垂直な光線、すなわち主光線に対して、上下の最周辺光線で決定される第2物体側の開口数をそれぞれ NA_{pu} と NA_{pl} とする。この NA_{pu} と NA_{pl} を、第2物体側の露光領域全域で算出したものが図1.3である。図1.3を参照すると、露光領域全域における開口数は0.5に等しいか極めて近い値である。図1.3より、露光領域内の任意の点に到達する光束の開口数を考え、その差を ΔNA とすると、 ΔNA が非常に小さく抑えられていること、つまり開口数のばらつきが極めて小さいことが理解できる。このことは第2物体側で良好なテレセントリックな光学系を構成していると言い換えることもできる。このように、複数の開口絞りを配置することにより、露光領域全面での開口数(NA)の差の最小化が可能となる。

15
20

上記や図8、図1.2からわかるように、開口数(NA)が0.5の場合に比べ0.75の場合では、2つの開口絞りの間隔と直径の差が広がっている。これは開口数が大きいほうが瞳収差が大きいから

25

である。よって、開口数(NA)が大きい投影光学系では、複数の開口絞りを有することが特に有効となる。

上記では、開口絞りAS1、AS2ともに可変開口絞りである場合について述べたが、2つの開口絞りのうち少なくとも1つが可変開口絞り機構を有することで、開口数(NA)が可変な投影光学系が実現できる。1つの開口絞りしか可変開口絞り機構を持たない場合は、上記の例では、瞳の像面湾曲を考慮して、第1物体側に近い開口絞りAS1に可変機構を適用することが望ましい。このように開口数(NA)が可変な投影光学系においては、開口数(NA)を変化させると同時に、像側テレセントリック性が最適になるように、開口絞りを光軸に沿って移動できるよう構成されていることが望ましい。なお、必ずしもAS1、AS2ともに光軸方向に移動可能である必要は無く、投影光学系の特性に応じて、2つの開口絞りのうち1つが光軸方向に移動可能であるように構成されていてもよい。

上記のような複数の開口絞りを配置する代わりに、第1物体側と第2物体側で、異なる開口を有する光軸方向に厚い1枚の開口絞りを配置しても等価の効果が得られる。図14にその一例を示す。開口絞りAS3は、リング形状をしており、厚みHを有し、その内径は直径D1からD2に変化するテーパ形状になっている。ここで、D1、D2を上述の開口絞りAS1、AS2の直径と等しく、Hをこれら2つの開口絞りの間隔と等しくなるように製作すれば、1つの部材で2箇所の開口絞り機能を持たせることができる。なお、開口絞りAS3の内径は必ずしもテーパ形状になっている必要は無く、必要な光線を遮断しない形状になっていればよい。

次に、上記の実施の形態の投影露光装置を用いてウエハ上に所定の回路パターンを形成する際の動作の一例について図15を参照して説明する。まず、図15のステップ101において、1ロットのウエハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ102において、その1ロットのウエハ上の金属膜上にフォトリジストが塗布される。その後、ステップの103において、図2の投影光学系PLを備えた図1の露光装置を利用して、レチクルR上のパターンの像が投影光学系PLを介して、その1ロットのウエハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ104において、その1ロットのウエハ上のフォトリジストの現像を行う。その後、ステップ105において、1ロットのウエハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、レチクルR上のパターンに対応する回路パターンが、各ウエハ上の各ショット領域に形成される。その後、さらに上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。

以上、添付図面を参照しながら本発明にかかる好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

例えば、上記例では開口絞りを設ける位置を2つとした場合について説明したが、これに限定するものではなく、投影光学系の特性

に応じてさらに多数の位置に設けるようにしてもよい。その際には、
図14に示した開口絞りに、さらに多数箇所の開口絞り機能を持た
せるようにしてもよい。また、上記例では照明光学装置15の光源
としてKrFエキシマレーザ（波長248nm）を用いた例を説明
したが、これに限定するものではない。光源としては、ArFエキ
シマレーザ（波長193nm）、あるいはF2レーザ（波長158nm）、
YAGレーザの高調波、水銀ランプのi線（波長365nm）
等を用いることもできる。

10 以上説明したように、本発明によれば、第2物体側にテレセント
リックとなるように複数の位置に開口数（NA）を決定する開口絞
りを配置することにより、露光領域全面で第2物体側のテレセント
リックを達成でき、ウエハに反りが生じても投影倍率が変わらない。
また、十分大きな開口数（NA）と広い露光領域とを確保すること
15 ができるので、高い解像度で大きなチップパターンを一度に露光で
きる。さらに、瞳収差の補正を極限まで求める必要が無いため、光
学系の長大化を招くことも無く、諸収差を極めて良好に補正でき、
コンパクトで高性能な投影光学系を提供できる。

20 また、本発明の別の観点によれば、開口数（NA）が可変な投影
光学系を実現でき、その際に、開口絞りを光軸に沿って移動させて、
像側テレセントリック性が最適になるようにすることができる。さ
らにまた、本発明の別の観点によれば、基板に反りがある場合でも
投影倍率が変わることなく、基板上に高い解像度でマスクパター
ン像を転写可能な露光装置を提供でき、極めて微細な回路パターン
25 を基板上の広い露光領域に形成可能なデバイスの製造方法を提供で

きる。

産業上の利用の可能性

5

本発明は、半導体素子、または液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程中でマスクパターンを基板上に転写する際に使用される露光装置、この露光装置に好適な投影光学系、およびこの露光装置を用いたデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、
10 薄膜磁気ヘッド、CCD素子等）の製造方法に利用可能である。

請求の範囲

- (1) 第1物体の像を第2物体上に投影する投影光学系であって、
前記投影光学系内の複数の位置に設けられて、それぞれ開口数を
5 決定するための複数の開口絞りを有し、

前記複数の位置に設けられた開口絞りは、前記投影光学系が前記
第2物体側にテレセントリックとなるように配置されていることを
特徴とする投影光学系。

- 10 (2) 前記第2物体側の開口数を NA とするとき、

$$NA > 0.6$$

の条件を満足することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の投影
光学系。

- 15 (3) 前記第2物体上の露光領域内に到達する光束の開口数の差
を ΔNA とするとき、

$$\Delta NA < 0.007$$

の条件を満足することを特徴とする請求の範囲第2項に記載の投影
光学系。

20

- (4) 前記複数の位置に設けられた開口絞りのうちの少なくとも
1つの開口絞りは、開口部の大きさが変更可能であることを特徴と
する請求の範囲第3項に記載の投影光学系。

- 25 (5) 前記複数の位置に設けられた開口絞りのうちの少なくとも
2つの開口絞りは、同一の部材に形成されていることを特徴とする

請求の範囲第4項に記載の投影光学系。

- (6) 前記複数の位置に設けられた開口絞りのうちの少なくとも1つの開口絞りは、開口部の大きさが変更可能であることを特徴とする請求の範囲第2項に記載の投影光学系。

(7) 前記第2物体上の露光領域内に到達する光束の開口数の差を ΔNA とするとき、

$$\Delta NA < 0.007$$

- 10 (8) の条件を満足することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の投影光学系。

- 15 (8) 前記複数の位置に設けられた開口絞りのうちの少なくとも1つの開口絞りは、開口部の大きさが変更可能であることを特徴とする請求の範囲第7項に記載の投影光学系。

(9) 前記複数の位置に設けられた開口絞りのうちの少なくとも1つの開口絞りは、開口部の大きさが変更可能であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の投影光学系。

20

(10) 前記複数の位置に設けられた開口絞りのうちの少なくとも2つの開口絞りは、同一の部材に形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の投影光学系。

- 25 (11) 第1物体の像を第2物体上に投影する投影光学系であって、

前記投影光学系内の複数の位置に設けられて、それぞれ開口数を決定するための複数の開口絞りを有し、

前記複数の位置に設けられた開口絞りのうちの少なくとも1つは開口部の大きさが変更可能であり、

- 5 前記開口部の大きさを变化させたときに前記投影光学系が前記第2物体側にテレセントリックとなるように、前記開口絞りのうちの少なくとも1つの開口絞りは光軸方向に位置を変更可能であることを特徴とする投影光学系。

- 10 (12) 前記複数の位置に設けられた開口絞りのうちの少なくとも2つの開口絞りは、同一の部材に形成されていることを特徴とする請求の範囲第11項に記載の投影光学系。

(13) 前記第1物体としてのマスクを照明する照明光学系と；

- 15 前記マスクと、前記第2物体としての基板とを位置決めするステージ系と；

請求の範囲第1項乃至第12項の何れか一項に記載の投影光学系と；

を備え、

- 20 前記投影光学系は、前記照明光学系からの露光エネルギービームのもとで前記マスクのパターンの像を前記基板上に投影することを特徴とする露光装置。

(14) 前記第1物体としてのマスクを露光エネルギービームで

- 25 照明する第1工程と；

請求の範囲第1項乃至第12項の何れか一項に記載の投影光学系

を用いて、前記マスクのパターンの像を前記基板上に投影する第2工程と；

を備えることを特徴とする露光方法。

- 5 (15) 請求の範囲第13項に記載の露光装置を用いたデバイスの製造方法であって、

前記基板上に感光性材料を塗布する第1工程と；

前記投影光学系を介した前記マスクのパターンの像を前記基板上に投影する第2工程と；

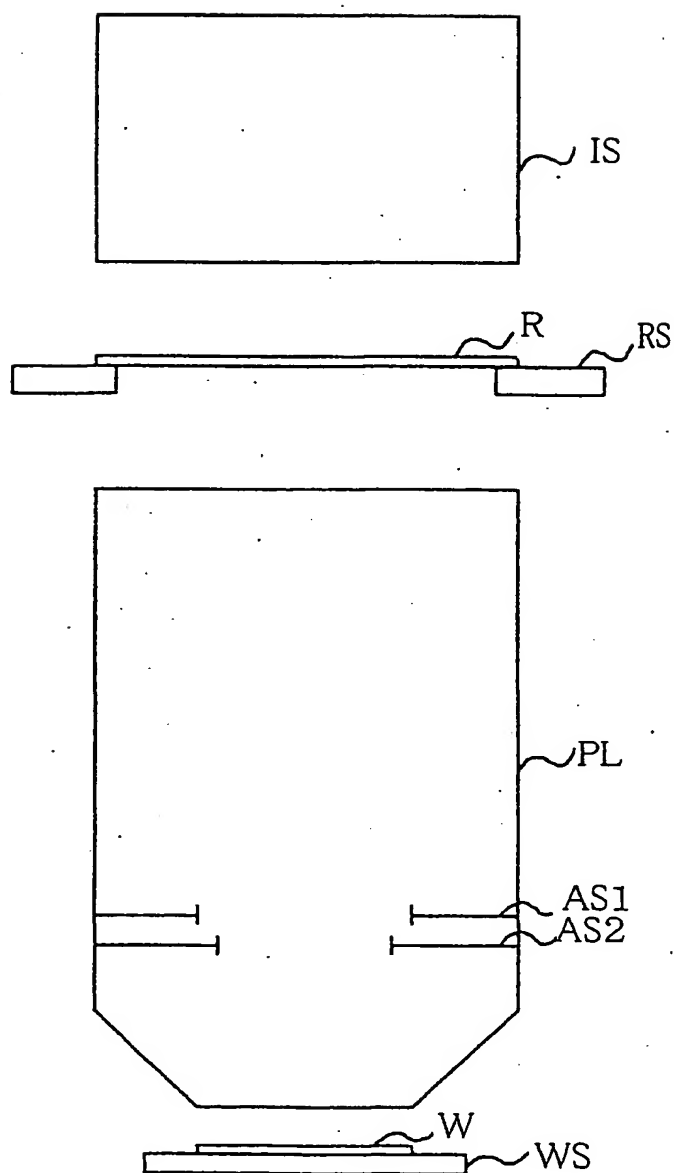
- 10 前記基板上の前記感光性材料を現像する第3工程と；

該現像された前記感光性材料をマスクとして前記基板上に所定の回路パターンを形成する第4工程と；

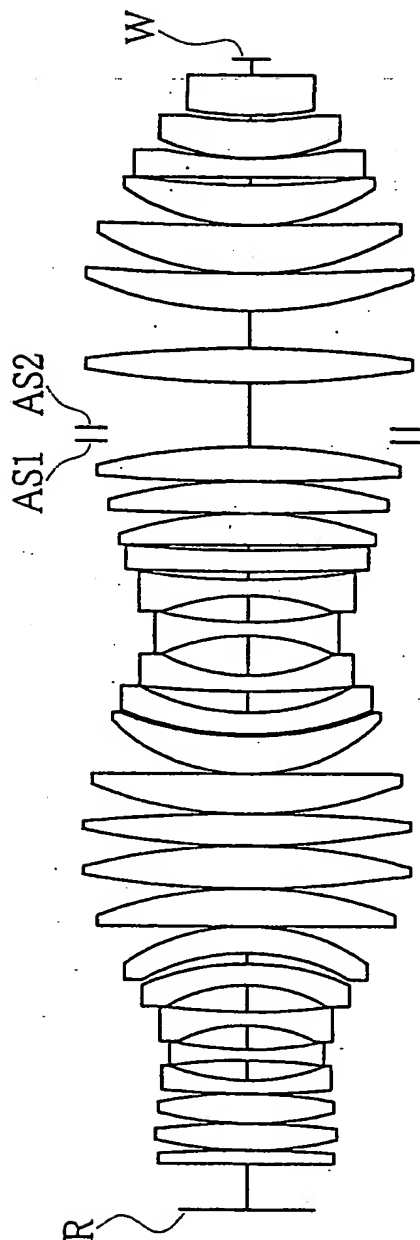
を含むことを特徴とするデバイスの製造方法。

1/15

第1図



第2図



3/15

第3図

	r	d	硝材
1	INFINITY	15.335	石英ガラス
2	-644.943	1.000	
3	319.712	23.902	石英ガラス
4	-543.162	1.067	
5	266.568	28.014	石英ガラス
6	-454.974	1.000	
7	598.011	11.323	石英ガラス
8	136.750	18.153	
9	-605.409	11.100	石英ガラス
10	189.688	24.204	(ASP)
11	-134.020	14.421	石英ガラス
12	369.787	27.961	
13	-125.878	21.631	石英ガラス
14	-193.810	11.329	
15	-149.364	26.781	石英ガラス
16	-144.242	1.412	
17	128695.959	37.236	石英ガラス
18	-289.737	1.000	
19	844.304	43.189	石英ガラス
20	-400.472	1.000	
21	718.547	29.375	石英ガラス
22	-1452.841	1.000	
23	285.640	38.939	石英ガラス
24	5263.829	1.000	
25	152.986	38.183	石英ガラス
26	314.672	1.219	
27	312.495	19.849	石英ガラス
28	157.789	21.063	
29	830.344	16.996	石英ガラス
30	127.530	38.369	

4/15

第4図

31	-166.506	14.936	石英ガラス
32	278.644	28.108	(ASP)
33	-165.388	17.511	石英ガラス
34	415.113	7.181	
35	975.584	21.198	石英ガラス
36	672.448	5.382	
37	1789.384	31.308	石英ガラス
38	-303.596	1.000	
39	4718.726	32.002	石英ガラス
40	-356.136	1.000	
41	1622.137	32.837	石英ガラス
42	-456.261	66.067	
(AS1)			
(AS2)			
43	722.336	34.510	石英ガラス
44	-767.566	38.063	
45	327.068	36.932	石英ガラス
46	4668.562	1.000	
47	209.961	48.812	石英ガラス
48	2041.981	1.000	
49	158.181	39.160	石英ガラス
50	607.776	8.252	
51	-26692.212	19.056	石英ガラス
52	267.375	1.081	
53	144.833	39.378	石英ガラス
54	291.277	4.781	
55	485.253	40.906	石英ガラス
56	1403.884		

5/15

第5図

連番の10番の面	
κ	0
A	-5.41100E-08
B	2.67701E-13
C	5.72773E-17
D	3.07148E-21

連番の32番の面	
κ	0
A	6.03459E-08
B	-3.08984E-12
C	-1.40045E-16
D	6.70254E-21

差替え用紙 (規則26)

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

6/15

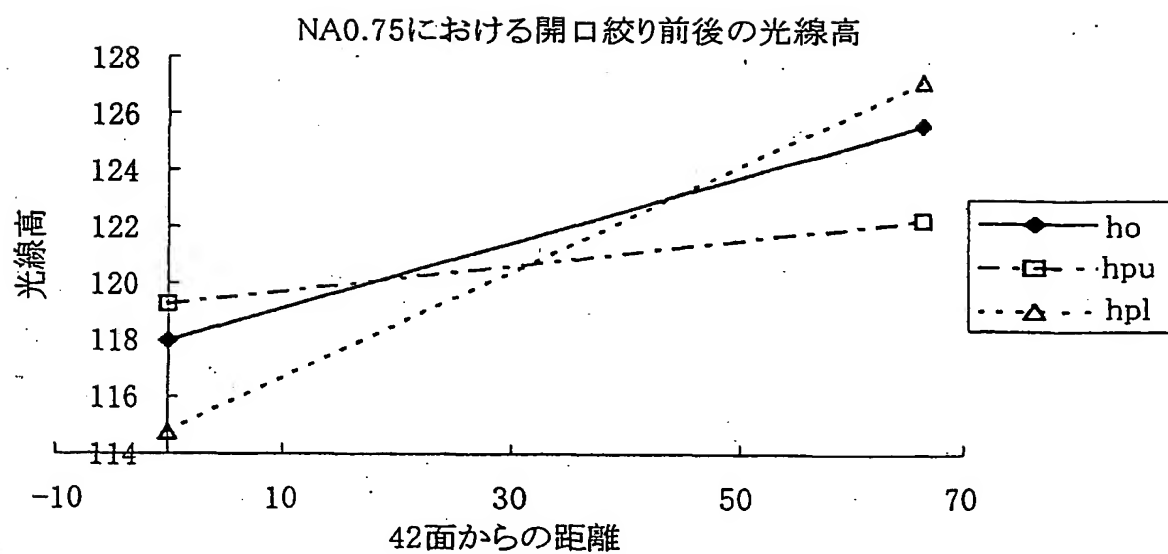
第6図

NA0.75

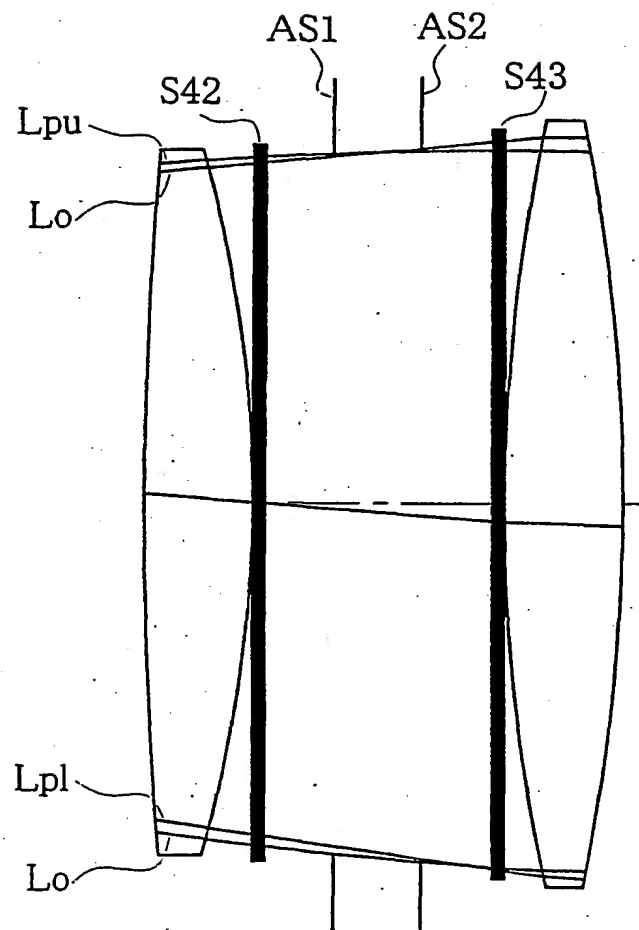
	42面からの距離	ho	hpu	hpl
連番の42番の面の接平面	0.000	117.971	119.278	114.770
連番の43番の面の接平面	66.067	125.628	122.277	127.184

7/15

第7図



第8図



9/15

第9図

光軸からの距離	NA pu	NA pl
-13.720	0.7498	0.7500
-12.348	0.7494	0.7495
-10.976	0.7491	0.7492
-9.604	0.7489	0.7489
-8.232	0.7487	0.7488
-6.860	0.7487	0.7487
-5.488	0.7487	0.7488
-4.116	0.7490	0.7492
-2.744	0.7490	0.7492
-1.372	0.7493	0.7496
0.000	0.7497	0.7497
1.372	0.7493	0.7496
2.744	0.7490	0.7492
4.116	0.7488	0.7490
5.488	0.7487	0.7488
6.860	0.7487	0.7487
8.232	0.7487	0.7488
9.604	0.7489	0.7489
10.976	0.7491	0.7492
12.348	0.7494	0.7495
13.720	0.7498	0.7500
Δ NA		0.0013

10/15

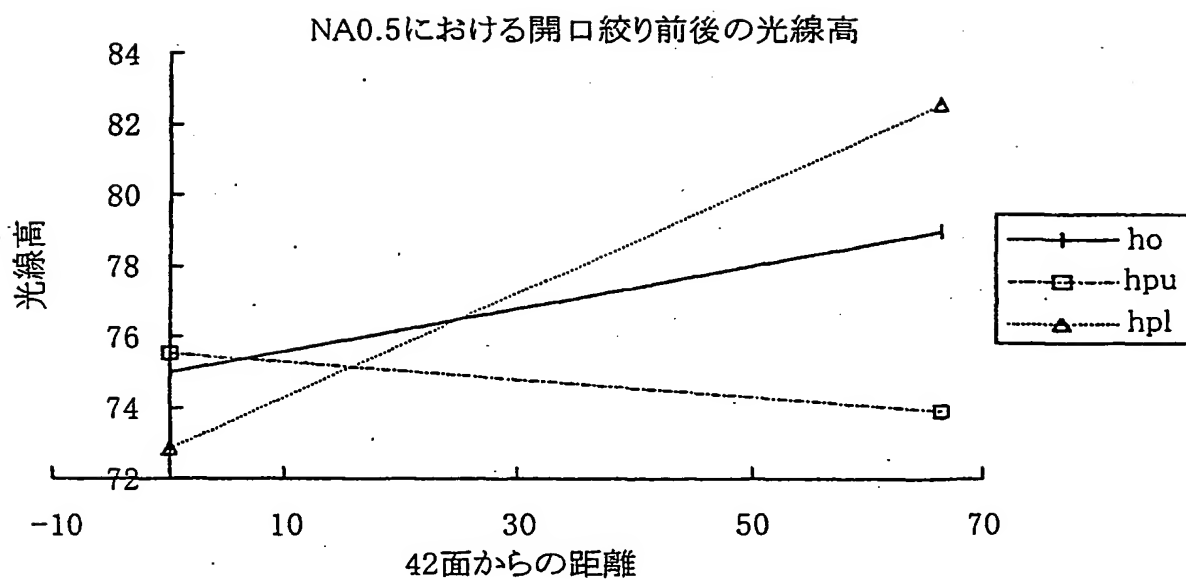
第10図

NA0.50

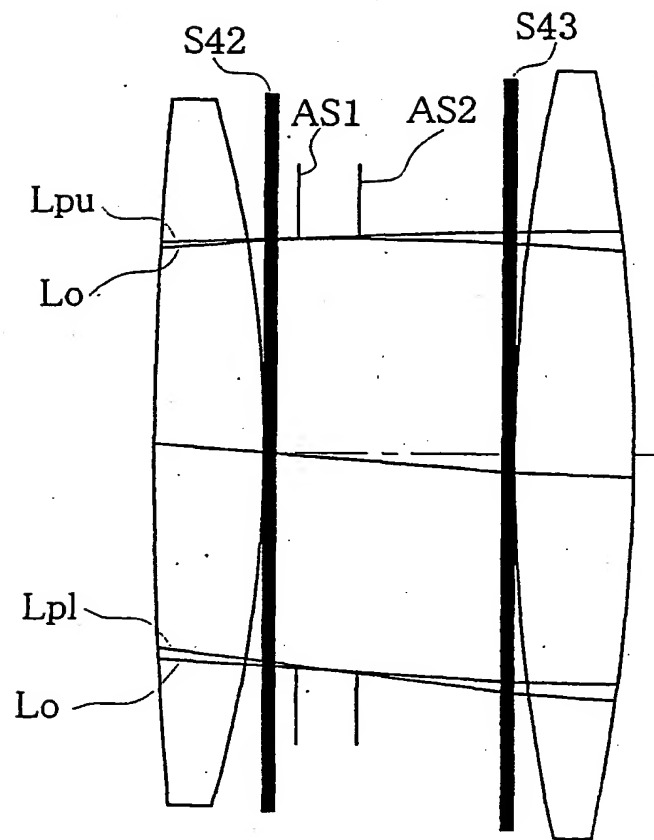
	42面からの距離	ho	hpu	hpl
連番の42番の面の接平面	0.000	74.961	75.504	72.858
連番の43番の面の接平面	66.067	78.982	73.938	82.577

11/15

第11図



第12図



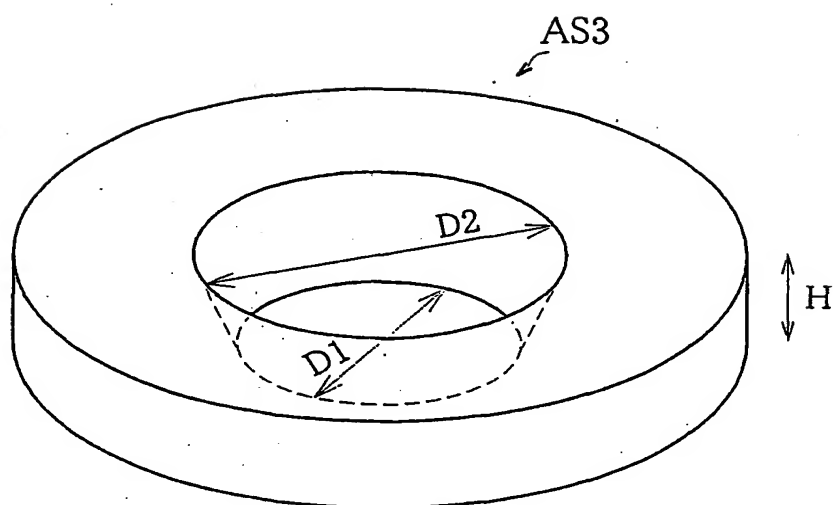
13/15

第13図

光軸からの距離	NA pu	NA pl
-13.720	0.5000	0.5000
-12.348	0.4997	0.4995
-10.976	0.4995	0.4990
-9.604	0.4993	0.4988
-8.232	0.4992	0.4986
-6.860	0.4991	0.4986
-5.488	0.4991	0.4986
-4.116	0.4994	0.4991
-2.744	0.4994	0.4991
-1.372	0.4996	0.4995
0.000	0.5000	0.5000
1.372	0.4996	0.4995
2.744	0.4994	0.4991
4.116	0.4992	0.4988
5.488	0.4991	0.4986
6.860	0.4991	0.4986
8.232	0.4992	0.4986
9.604	0.4993	0.4988
10.976	0.4995	0.4990
12.348	0.4997	0.4995
13.720	0.5000	0.5000
Δ NA		0.0014

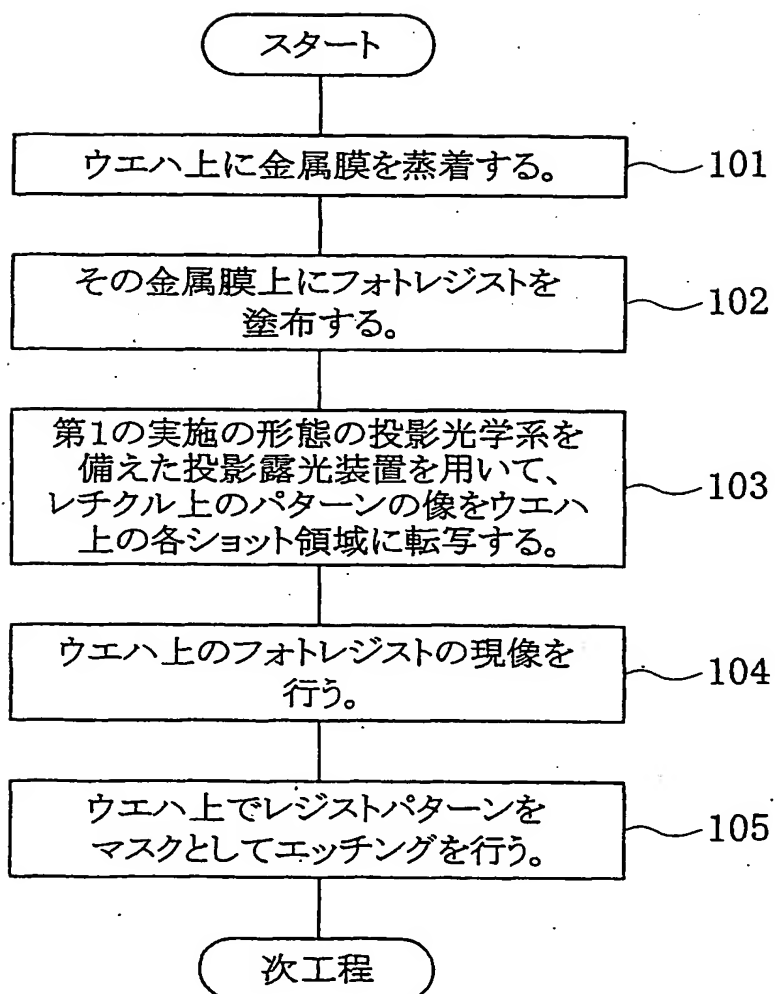
14/15

第14図



15/15

第15図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/08886

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ H01L21/027, G03F7/20, G02B13/24, G02B13/18		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ H01L21/027, G03F7/20, G02B13/24, G02B13/18		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-94393 A (Nikon Corporation), 07 April, 1995 (07.04.95), Claims; Fig.1, & US 5661546	1-15
A	JP 8-222499 A (Nikon Corporation), 30 August, 1996 (30.08.96), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1-15
A	JP 10-50590 A (Nikon Corporation), 20 February, 1998 (20.02.98), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1-15
A	JP 11-97344 A (Nikon Corporation), 09 April, 1999 (09.04.99), Claims; Fig. 1, & DE 19833481	1-15
A	JP 2000-56218 A (Nikon Corporation), 25 February, 2000 (25.02.00), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search 28 November, 2001 (28.11.01)	Date of mailing of the international search report 11 December, 2001 (11.12.01)	
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer	
Facsimile No.	Telephone No.	

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01L21/027, G03F7/20, G02B13/24, G02B13/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01L21/027, G03F7/20, G02B13/24, G02B13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2001年

日本国登録実用新案公報 1994-2001年

日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 7-94393 A (株式会社ニコン) 7: 4月. 1995 (07. 04. 95) 特許請求の範囲, 第1図 & US 5661546	1-15
A	J P 8-222499 A (株式会社ニコン) 30. 8月. 1996 (30. 08. 96) 特許請求の範囲, 第1図 (ファミリーなし)	1-15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28. 11. 01

国際調査報告の発送日

11. 12. 01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

新井 重雄



2M

8605

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 10-50590 A (株式会社ニコン) 20. 2月. 1998 (20. 02. 98) 特許請求の範囲, 第1 図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 11-97344 A (株式会社ニコン) 9. 4月. 1999 (09. 04. 99) 特許請求の範囲, 第1図 &DE 19833481	1-15
A	JP 2000-56218 A (株式会社ニコン) 25. 2月. 2000 (25. 02. 00) 特許請求の範囲, 第1 図 (ファミリーなし)	1-15

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.